

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶



[12] 发明专利申请公开说明书

G03H 1/26
G01B 11/00 G11C 13/04
G11B 7/00

[21] 申请号 97190501.0

[43]公开日 1998年9月16日

[11] 公开号 CN 1193390A

[22]申请日 97.5.7

[30]优先权

[32]96.5.10 [33]US[31]08 / 644,810

[86]国际申请 PCT / US97 / 07780 97.5.7

[87]国际公布 WO97 / 43669 英 97.11.20

[85]进入国家阶段日期 98.1.9

[71]申请人 昆腾公司

地址 美国加利福尼亚

[72]发明人 纳萨·J·哈伊斯 詹姆斯A·汉森
克里斯托福·M·卡彭特
小威廉·R·阿金 理查德·M·欧里奇
兰斯·D·比兹利

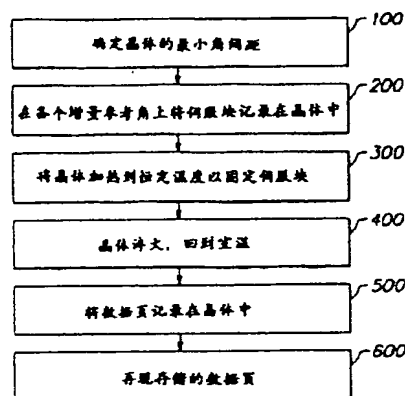
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标
事务所
代理人 蒋世迅

权利要求书 6 页 说明书 9 页 附图页数 8 页

[54]发明名称 体全息存储介质的位置反馈系统

[57]摘要

披露一个在光折变介质中的全息记录方法，在该介质中存储的全息图能够以最大的信噪比(SNR)被再现。包含位置反馈信息的多个伺服块记录在晶体中，通过加热该晶体使伺服块成为不可擦除的。取决于采用波长多路复用方法或角度多路复用方法，多个伺服块以特定的频率增量或角度增量记录下来，每个伺服块由五个图形中的一个所确定。不同数据页记录在不同的位置或采用不同的波长记录，之后能使每一数据页和伺服图形被再现，此伺服图形提供位置反馈信息。记录数据页和记录伺服块的方法与常规方法是一致的。另外，记录系统还包括这样一些器件(例如，音圈电机)，这些器件能对位置反馈信息响应，调整参考光束参考角的位置，通过减小串扰以获得最大 SNR，从而提高存储容量。



(BJ)第 1456 号

BEST AVAILABLE COPY

权 利 要 求 书

1. 一个在光折变介质中的全息记录方法，它包括的步骤有：

在光折变介质的图像空间内记录多个伺服块；和

在光折变介质的图像空间内记录多个数据页。

2. 权利要求 1 的方法，其中每个伺服块提供位置反馈信息，利用伺服块参考光束和伺服块物光束照射光折变介质，导致该介质中电荷的迁移而制成伺服块，每个伺服块参考光束和伺服块物光束以伺服块参考角入射到该介质表面，此伺服块参考角规定伺服块参考光束与伺服块物光束之间的夹角。

3. 权利要求 1 的方法，其中每一数据页是由一个干涉光栅所确定，利用数据页参考光束和数据页物光束照射光折变介质，导致该介质中电荷的迁移而制成干涉光栅，每个数据页参考光束和数据页物光束以数据页参考角入射到该介质表面，此数据页参考角规定数据页参考光束与数据页物光束之间的夹角。

4. 权利要求 1 的方法，还包括这一步骤，将多个伺服块转变成多个永久性全息图，这些全息图将不会被随后的照射该介质所擦除。

5. 权利要求 4 的方法，其中将多个伺服块进行转变的这一步骤还包括对该介质加热的步骤。

6. 权利要求 1 的方法，其中伺服块提供再现多个数据页中一页的途径，这一页中基本上没有来自其他数据页的串扰。

7. 权利要求 1 的方法，其中每个伺服块位于该介质的图像空间四周。

8. 权利要求 2 的方法，其中伺服块物光束和伺服块参考光束是由一个相干单色光源产生的。

9. 权利要求 3 的方法，其中数据页物光束和数据页参考光束是由那个相干单色光源产生的。

10. 权利要求 2 的方法，其中两个伺服块参考角之间间距约为该介质最小角间距的二分之一。

11. 权利要求 3 的方法，其中两个数据页参考角之间间距为该介质

的最小角间距。

12. 权利要求 1 的方法，还包括在该介质中多个图像空间的每一图像空间内记录图像空间识别符的步骤，每个图像空间识别符提供识别一个图像空间的途径。

13. 权利要求 12 的方法，还包括这一步骤，将图像空间识别转变成永久性全息图，这些全息图不会被随后的照射该介质所擦除。

14. 一个在光折变介质中的全息记录方法，它包括的步骤有：

在该介质中记录第一伺服块，第一伺服块由第一干涉光栅所确定，利用第一参考光束和第一物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成第一干涉光栅，第一伺服块参考光束和第一伺服块物光束以第一伺服块参考角入射到该介质的表面，第一伺服块参考角规定第一伺服块参考光束与第一伺服块物光束之间夹角；

在该介质中记录第二伺服块，第二伺服块由第二干涉光栅所确定，利用第二参考光束和第二物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成第二干涉光栅，第二伺服块参考光束和第二伺服块物光束以第二伺服块参考角入射到该介质的表面，第二伺服块参考角规定第二伺服块参考光束与第二伺服块物光束之间夹角；

在该介质中记录第三伺服块，第三伺服块由第三干涉光栅所确定，利用第三参考光束和第三物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成第三干涉光栅，第三伺服块参考光束和第三伺服块物光束以第三伺服块参考角入射到该介质的表面，第三伺服块参考角规定第三伺服块参考光束与第三伺服块物光束之间夹角；

在该介质中记录第四伺服块，第四伺服块由第四干涉光栅所确定，利用第四参考光束和第四物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成第四干涉光栅，第四伺服块参考光束和第四伺服块物光束以第四伺服块参考角入射到该介质的表面，第四伺服块参考角规定第四伺服块参考光束与第四伺服块物光束之间夹角；

在该介质中记录第五伺服块，第五伺服块由第五干涉光栅所确定，利用第五参考光束和第五物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成第五干涉光栅，第五伺服块参考光束和第五伺服块物光束以第五

伺服块参考角入射到该介质的表面，第五伺服块参考角规定第五伺服块参考光束与第五伺服块物光束之间夹角；

在该介质中记录第一数据页，第一数据页由第一数据页干涉光栅所确定，利用第一数据页参考光束和第一数据页物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成第一数据页光栅，第一数据页参考光束和第一数据页物光束以第一数据页参考角入射到该介质的表面，第一数据页参考角规定第一数据页参考光束与第一数据页物光束之间夹角；

在该介质中记录第二数据页，第二数据页由第二数据页干涉光栅所确定，利用第二数据页参考光束和第二数据页物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成第二数据页光栅，第二数据页参考光束和第二数据页物光束以第二数据页参考角入射到该介质的表面，第二数据页参考角规定第二数据页参考光束与第二数据页物光束之间夹角；及

在该介质中记录第三数据页，第三数据页由第三数据页干涉光栅所确定，利用第三数据页参考光束和第三数据页物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成第三数据页光栅，第三数据页参考光束和第三数据页物光束以第三数据页参考角入射到该介质的表面，第三数据页参考角规定第三数据页参考光束与第三数据页物光束之间夹角；

15. 权利要求 14 的方法，还包括这一步骤，将每个伺服块转变成不会被随后的照射所擦除的全息图。

16. 权利要求 14 的方法，其中第二伺服块和第三伺服块在第一数据页再现期间提供位置反馈信息。

17. 权利要求 14 的方法，其中第四伺服块和第五伺服块在第二数据再现期间提供位置反馈信息。

18. 权利要求 14 的方法，其中每个伺服块由五个图形中的一个所确定。

19. 权利要求 18 的方法，其中五个图形中的每一个记录在图像空间的四周。

20. 权利要求 18 的方法，其中五个图形中的每一个由五个光斑的排列所确定。

21. 权利要求 14 的方法，其中参考光束、物光束、数据页参

考光束和数据页物光束中每一种光束以相同的波长传播。

22. 权利要求 14 的方法，其中相邻的两个数据页记录在晶体最小角间距的角间距上。

23. 权利要求 14 的方法，其中相邻的两个伺服块记录在约二分之一最小角间距的角增量上。

24. 一个记录在光折变介质的图像空间内的全息图的再现方法，它包括的步骤有：

在该介质的图像空间内记录多个伺服块，每个伺服块包含位置反馈信息并由一个干涉光栅所确定，利用伺服块参考光束和伺服块物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成此干涉光栅，每个伺服块参考光束和伺服块物光束以伺服块参考角入射到该介质的表面，此伺服块参考角规定伺服块参考光束与伺服块物光束之间夹角；

将多个伺服块中的每一个转变成介质中永久性空间变化折射率折射图形，这些图形不会被随后的照射所擦除；

在该介质的图像空间内记录多个数据页，每一数据页由一个干涉光栅所确定，利用数据页参考光束和数据页物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成此干涉光栅，每个数据页参考光束和数据页物光束以数据页参考角入射到该介质的表面，此数据页参考角规定数据页参考光束与数据页物光束之间夹角；

将数据页参考光束以参考角传播到该介质的表面，在探测器阵列上再现其中一个数据页和位置反馈信息；以及

按照位置反馈信息调整数据页参考角。

25. 一个在光折变介质中的全息记录方法，它包括的步骤有：

在该介质的图像空间内记录多个伺服块，每个伺服块包含位置反馈信息并由一个干涉光栅所确定，利用伺服块参考光束和伺服块物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成此干涉光栅，每个伺服块参考光束和伺服块物光束以伺服块参考角入射到该介质的表面，且具有伺服块参考波长；和

在该介质的图像空间内记录多个数据页，每一数据页由一个干

涉光栅所确定，利用数据页参考光束和数据页物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成此干涉光栅，每个数据页参考光束和数据页物光束以数据页参考角入射到该介质的表面，且具有数据页参考波长。

26. 权利要求 24 的方法，其中每个伺服块参考光束与每个伺服块物光束之间的伺服块参考角保持不变。

27. 权利要求 24 的方法，其中每个数据页参考光束与每个数据页物光束之间的数据页参考角保持不变。

28. 一种用于检索记录在光折变介质的图像空间内的位置反馈信息全息图的设备，它包括：

产生光束装置；

将光束分成物光束和参考光束的装置；

调制物光束的空间光调制器；

将二者之间夹角为参考角的物光束与参考光束入射到该介质一个表面上的光学装置；

探测器阵列，它将光信号转变成电信号；以及

接收位置反馈信息并按照位置反馈信息调整参考角的装置。

29. 一个用于检索记录在光折变介质的多个图像空间内的全息图的方法，它包括的步骤有：

在该介质的图像空间内记录多个伺服块，每个伺服块包含位置反馈信息并由一个干涉光栅所确定，利用伺服块参考光束和伺服块物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成此干涉光栅，每个伺服块参考光束和伺服块物光束以伺服块参考角入射到该介质的一个表面，此伺服块参考角规定伺服块参考光束与伺服物光束之间夹角；

将多个伺服块中每一个转变成该介质中永久性空间变化折射率折射图形，这些图形不会被随后的照射所擦除；

在每个图像空间内记录一个图像空间识别符，每个识别符提供识别一个图像空间的途径；

在该介质的图像空间内记录多个数据页，每一数据页由一个干

涉光栅所确定，利用数据页参考光束和数据页物光束照射该介质，导致该介质中电荷的迁移而制成此干涉光栅，每个数据页参考光束和数据页物光束以数据页参考角入射到该介质的表面，数据页参考光束规定数据页参考光束与数据页物光束之间夹角；

将数据页参考光束以参考角传播到该介质的表面，在探测器阵列上再现一个图像空间内一个数据页和位置反馈信息；以及

按照位置反馈信息调整数据页参考角。

说明书

体全息存储介质的位置反馈系统

本发明涉及本息存储介质和全息存储方法。更具体地是，本发明涉及在光折变介质中以全息图形式记录数据和从其中再现数据的方法，该全息图包括含有位置反馈信息的全息图。

多年以来一直认为，光折变介质中体全息存储的潜力是数字存储容量大，数据传递速率快，和存取时间短。在材料及全息存储元件领域的最新进展已使这一前景接近实现，数据存储容量为兆兆字节，数据传送速率超过1千兆字节/秒，随机存取时间小于100 μ s。

光折变材料具有光致折射率变化的性质。全息存储可以通过载图像光束和参考光束在光折变介质中的传播和记录而实现。形成的光干涉图形使全息介质整个体积内的空间折射率被调制。在光折变介质中，如在LiNbO₃（铌酸锂）中，由于光激电子的迁移和俘获产生内电场生成电光效应，产生了空间折射率光栅。当用与产生折射率光栅的参考光束相同的光束照射该介质时，此光束就会按这样的方式衍射，再现载原先图像的波前。

在典型的全息存储系统中，如图1所示，从光源11射出的相干单色光束可以通过分束器12分成的光束24和参考光束22。利用空间光调制器（SLM）14将物光束24转换成光信号。物光束24和参考光束22通过会聚光学元件16和17，会聚并照射到光折变晶体18上，在晶体18中产生体分布的干涉图形，此干涉图形记录成折射率光栅的形式，或称之为全息图。用相同的参考光束22照射晶体18并将衍射的光信号成像在探测器阵列19上可以再现记录好的全息图，探测器阵列将光信号转换成电信号。

利用各种形式的多路复用技术，如角度多路复用，波长多路复用等等，多重全息图可以写入和存储在晶体18中，每一个全息图对应一个数据页。采用角度多路复用技术，每个全息图是用不同的参考光速入射角

写入的。该角度的大小随晶体的实际形状和材料而改变。通常，两个角度之间差别为 50 微弧度。角度的改变，或用机械方法平移晶体 18 而保持物光束与参考光束夹角恒定，或用会聚光学元件 16 和 17 控制参考光束，改变入射到晶体上的参考光束角度。采用波长多路复用技术，参考光束固定在某一角度上，对每一数据页，改变光源波长记录下每一个全息图。

约束全息记录潜在优点的一个限制是，记录好的全息图是亚稳的（非永久性）。当多个全息图是按顺序但不是分区记录在晶体相同的体积内时，一般称之为“重叠”记录，后续记录的全息图对以前写入全息图衍射效率的减小是非均匀的。因此，“写入”过程对从前记录的邻近全息图造成的破坏是，多次写入之后减小了以前记录全息图的强度。类似地，一个区域在参考光束照射之下的“读出”过程也会使构成记录全息图的电荷重新分布。这就导致定影和显影更多永久性全息图技术的发展。例如，用电子电荷图形制成的全息图可以通过加热该晶体做成永久性的，加热晶体造成离子重新分布，抵消了晶体中空间电荷变化。在此之后晶体冷却，离子进入陷阱，形成永久性的折射率变化离子光栅。

约束全息记录潜在应用的另一个限制是，全息图再现过程中出现的串扰，串扰限制了晶体的信息密度和存储容量。由于读出光的布拉格选择特性，存储图像或数据页可以从重叠记录的其他页中独立地再现。如前面讨论过的，用与记录图像相同波长的参考光束照射该记录介质可以完成再现。然而，虽然布拉格选择性保证了与特定参考波长相关的图像再现有最大的衍射效率，但是其他存储图像也可以再现，由于布拉格失配而产生畸变和低衍射效率。为了避免这种形式的串扰，不同全息图之间的角度间隔或波长间隔必须精确地对应于布拉格匹配条件相关的 sinc 函数零点。与理想角度的一些偏差就会降低信噪比（SMR）。其结果是，或降低图像的分率，或小系统的存储容量。

提出过很多建议试图克服这个容量限制。然而，这些建议在数据页检索中没有利用闭环位置反馈系统，此反馈系统是通过降低串扰以及精确的角度定位使记录信号有最大的 SNR。另外，有些建议没有利用闭环位置反馈系统，将永久性全息图与亚稳全息图结合

在相同的记录区内。因此，迄今未解决的困难仍然需要一种在光折变介质中的全息记录方法，它提供位置反馈系统，通过降低串扰使记录信号有最大的 SNR，而且也适用于角度多路复用和波长多路复用两种技术。

本发明总的目的是提出一种在光折变介质中的全息记录方法，这一方法克服现有技术的限制和缺点。

具体地说，本发明的一个目的是，提出一种在光折变介质中的全息记录方法，它有一个通过降低串扰使记录信号有最大 SNR 的位置反馈系统。

本发明的另一个目的是，提出一种在光折变介质中的全息记录方法，其中位置反馈系统适用于角度多路复用和波长多路复用两种技术。

本发明的第三个目的是，提出一种在光折变介质中的全息记录方法，它有一个将永久性全息图与亚稳全息图结合的位置反馈系统。

按照本发明的原理，全息记录方法首先在光折变介质中，如在 LiNbO_3 晶体中记录多个伺服块(servo block)。每一伺服块由五个光斑图形所确定。利用物光束与参考光束同时照射晶体的同一区域制成伺服块。参考光速到晶体表面的入射角规定为参考角。伺服块在再现存储在晶体中的数据页期间提供位置反馈，能使再现的数据页有最大的 SNR。几个伺服块还在这样的参考角增量上记录下来，此参考增量为晶体最小角间距的一半，晶体的最小角间距由晶体的实际尺寸所确定，利用专业人员熟知的方法，如加热晶体，使伺服块做成不可擦除的（固定的）。五个光斑中的每一个记录在与数据页相同的图像空间，使得在全息图再现期间位置反馈信息与数据页同时被检索。

然后，采用同样的方法把数据页记录在晶体的相同图像空间，即，用载图像的物光束与参考光束同时照射晶体。几个数据在这样的参考角增量上记录下来，此参考角增量为晶体最小角间距。在数据页检索期间，来自伺服块的位置反馈信息传送到反射器定位器，

例如音圈电机。定位器以旋转方式调节反射镜的角位置以微调参考光束的参考角，从而通过降低串扰使记录信号有最大的 SNR。

图 1 是采用光折变晶体典型的现有技术全息记录系统的示意图。

图 2 是实现本发明全息记录方法各个步骤的流程图。

图 3 是按照本发明原理的全息记录方法，说明一个提供位置反馈的伺服块实施例。

图 4a 至图 4e 是按照本发明原理，说明图 3 伺服块的五个图形。

图 5 是数据页幅度作为参考光束入射角函数的曲线图。

图 6 是伺服块幅度作为参考光束入射角函数的曲线图。

图 7 是图 6 位置函数之差作为入射角函数的曲线图。

图 8 是线性定位函数作为参考光束入射角函数的曲线图。

图 9 画出伺服块 sinc 图像强度作为参考光束入射角的函数。

图 10 是按照本发明用于记录和再现全息图的全息记录系统示意图。

图 2 画出实现本发明全息记录方法各个步骤的流程图。这些步骤包括：确定晶体的最小角间距 100，在晶体中记录伺服块 200，加热晶体使伺服块固定 300，晶体淬火温度下降到室温 400，在晶体中记录数据页 500，再现记录的数据页 600。

在记录任何全息图之前，第一步 100 确定光折变晶体中晃同全息记录所需的最小角间距，使串扰最小。对于专业人员来说，导出确定最小角间距公式的细节是知道的。具体地说，这些细节在 John H. Hong 等人的文章中讨论和描述过，题目为“体全息存储系统：方法和结构”，Optical Engineering(光学工程)，Vol. 34, No.8, 1995 年 8 月，一并附上该文章供参考。Hong 等人确定的最小角间距为下列公式，

$$\theta = \lambda \cos \theta_0 / nL \sin(\theta_r + \theta_0) \quad (1)$$

其中 λ =信号波长， n =晶体折射率， L =晶体厚度， θ_r =参考光束相对于 Z 轴的入射角， θ_0 =物光束相对于 Z 轴的入射角。 θ_r

可以根据会聚光学元件和晶体的布置而确定。将公式(1)应用到图4所示实施例,其中 $\theta_0=0$, θ_r 约为33,则公式(1)简化为

$$\theta=1.88\lambda / nL \quad (2)$$

一旦最小角间距确定下来,则可以按照专业人员熟知的常规方法记录伺服块。伺服块的记录采用图10所示优选的全息记录系统30。系统30包括:产生信号的光源31,分束器32,它把信号43分成物光束44和参考光束42,可旋转反射镜33,它具有改变参考角 θ_r 的两(2)个自由度,反射镜35,空间光调制器(SLM)34,它通过调制物光束44将电信号转变成光信号,会聚透镜36和37,用于记录全息图的光折变晶体38,探测器阵列39,音圈电机(VCM)41,它对探测器阵列39检测到位置反馈信息的响应是旋转反射镜31。SLM34约有 $1.0'' \times 0.8''$ 观察区,约提供 640×480 像素区域来调制物光束。探测器阵列39可以是任何已知的器件,如电荷耦合器件(CCD),它约有 $0.5'' \times 0.4''$ 观察区,约提供 1134×486 像素区域。晶体38是 Fe-LiNbO_3 ,圆盘状,约2mm厚,直径约为70mm。

按照普通的全息记录方法,用载伺服图形的物光束44和有特定参考角的参考光束42照射,形成晶体38中的干涉光栅,从而在晶体38中记录下每个伺服图形。

在一个优选实施例中,每个伺服块是由图3所示五个光斑图形A, B, C, D, E所规定。五个光斑中每一光斑强度及其组合代表参考光束不同的角位置,并提供位置反馈信息。如图3所示的实施例,五个光斑位于数据区的外部边缘,而且图3中表示的数据区是个对称的四边形区域。在此实施例中,五个光斑安排成这样,确定五个伺服块中每一个伺服块的一对光斑之间距离最长,从而优化被检索的数据区。图3中伺服块是用有一个自由度(X轴)的参考光束表示,以带阴影的 A_x, B_x, C_x, D_x, E_x 表示。用Y轴作下标的参考光束以带阴影的 A_y, B_y, C_y, D_y, E_y 表示。熟悉本专业的人们知道,可以采用五个图形的其他形式,包括其他的排列,光斑的

不同位置和光斑的数目。

沿一个自由度 (X 轴) 的各个伺服块用五个图形 A - B, B - C, C - D, D - E, E - A 来确定, 如图 4a 至 4e 所示。每个图形确定五个光斑的一种形式。例如, 图形 A - B 是由带阴影的光斑 A 和 B 所确定, 图形 B - C 是由带阴影的光斑 B 和 C 所确定, 图形 C - D 是由带阴影的光斑 C 和 D 所确定, 图形 D - E 是由带阴影的光斑 D 和 E 所确定, 图形 E - A 是由带阴影的光斑 E 和 A 所确定。带阴影的光斑代表强化的图像, 而不带阴影的光斑代表非强化的图像。每个伺服块的记录是以 0.5θ 为增量, 从图形 1 开始记录在 -0.75θ , 图形 2 记录在 -0.25θ , 等等。如下面要解释的, 图 4a 至图 4e 中每一伺服块代表反馈信息, 能使每一数据页的检索有最大 SNR。

图 6 画出伺服块五个光斑 (A, B, C, D, E) sinc 函数的曲线。因此, 当参考光束在某一角度范围内变化时, 每一伺服块内五个光斑中每一光斑强度随之而变化, 如图 9 所示。如此图中所示, 每一纵向区域 B1, B2 等等对应于每个光斑强度作为入射角的函数。此外, 每个入射角提供伺服块一个“瞬像”, 即五个光斑中每一光斑的相对强度。例如, 在入射角为 0.25θ 情况下, 光斑 C 强度最大, 而光斑 B 和 D 显示较弱的图像。

一旦伺服块记录在晶体中, 像任何其他记录在光折变介质中的亚稳全息图一样, 伺服块会随其后多次照射而被擦除。为了“固定”伺服块, 不致被随后的照射所擦除, 按照常规方法给晶体 38 加热, 这一步骤用 300 表示。通常, Fe-LiNbO_3 加热到约 $150 - 200^\circ\text{C}$, 其中离子变成可移动的, 维持这一温度的时间取决于晶体的大小。

然后, 晶体 38 从热源中取出后迅速冷却, 用空气冷却返回到环境温度 (以步骤 400 表示)。冷却的速率通常取决于晶体的热冲击容限, 亚稳全息图的“固定”过程对本专业人员是熟知的。然而, 本发明者相信, 将永久性全息图与亚稳全息图结合在相同记录区内的全息记录方法是其他专业人员不知道的, 这是本发明一个突出的特征。

应当注意到，在伺服块写入到记录介质中期间，探测器阵列不能用作角度反馈机构，因为记录介质缺少任何参考编码。与磁盘驱动伺服写入过程类似，必须利用高精度测量系统确定 θ 角，或利用光束控制器上的编码器，或用某种其他方法观察物光束和参考光束。

本专业人员明白，除了伺服块以外，在每个图像空间内也可以记录图像空间识别符以提供附加的位置反馈信息。每个识别符应该是唯一的，能使每个图像空间与其他图像空间区别开，采用上述有关记录伺服块的方法，识别符可以与伺服块或数据页同时记录下来。此外，识别符也可以采用上述的方法加以固定。

下一步，以步骤 500 表示，数据页按照上术记录伺服块的常规方法记录在晶体 38 相同的图像空间。在此优选实施例中，每一数据页记录的参考角增量为 θ ，从 0° 开始记录。因而，图 5 画出三个记录的数据页幅度， $D1$ ， $D2$ ， $D3$ 作为入射角的函数。同时参照图 5 和图 6，伺服块光斑 B 和 C 提供数据页 $D1$ 的标称位置反馈信息，伺服块光斑 D 和 E 提供数据页 $D2$ 的标称位置反馈信息，伺服块光斑 A 和 B 提供数据页 $D3$ 的标称位置反馈信息。例如，在 $\theta=0$ ，光斑 B 与 C 是等强度的，改为归一化强度的 0.8，而光斑 A 与 D 是等强度的，约为归一化强度的 0.1，这一情况用图 4b 中伺服图形 B - C 表示。相邻伺服图形的关系在图 7 中说明得最清楚，图 7 表示是位函数之差作为入射角的函数。函数 A - B 表示伺服块 A 与 B 的 sinc 函数之差，函数 B - C 表示伺服块 B 与 C 的 sinc 函数之差，等等。

如图 7 和图 8 所示，几个定位函数存在于每个“数据页中心”，即数据页显示出最高强度的参考角。然而，在每个数据页中心处最线性的定位函数会提供给那个数据页最可靠的位置信息。因此，图 8 画出线性定位函数作为入射角 θ 的函数。所以，在 -0.25θ 与 0.25θ 之间，伺服图形 2 和 3 提供给数据页 1 反馈信息，在 0.75θ 与 1.25θ 之间，伺服图形 4 和 5 提供给数据页 2 反馈信息，等等。利用每个定位函数的线性部分，本发明能够按照准确的方式跟踪不同数据

页。注意到在本实施例中，不同伺服块的记录是以 0.5θ 为增量，导致线性定位函数的范围为 0.5θ 。熟悉本专业的人们明白，不同的伺服块可以在其他增量下记录下来，仍然能检索最大 SNR 的数据页。然而，若增量小于 0.5θ ，则线性定位函数的范围就减小（见图 8）。此外，若增量大于 0.5θ ，线性定位函数范围增大了，但可能包括非线性部分。

也应当指出，参考角 θ_r 有两个自由度，即， θ_r 可以沿 X 方向变化，也可以沿 Y 方向变化，沿每个方向的每一增量对应于相同图像空间一个不同的全息图。所以，如上所述，相应于沿 Y 方向变化的不同参考角的各个伺服块图形可以沿图像空间周围竖直边缘记录，如图 3 所示。一旦最小角间距 θ 确定下来，就可以开始写入过程，伺服块写入的顺序不受限制。重要的特征是，相邻伺服块曝光在几乎相同的光强下，其间距准确地以 0.5θ 为增量。

对图 1 所示系统的一个改进是，本发明包含上述的位置反馈信息用以微调参考角，通过减小串扰记录的信号有最大的 SNR。

在再现数据页时（以步骤 600 表示），参考光束以特定的参考角照射晶体。与参考角的大小有关，数据页的部分图像和伺服图形可以在探测器阵列 39 上产生。例如，参考光束以 0.75θ 入射传播到晶体上，它再现在参考角为 0 和 θ 下记录的数据页部分图像（如图 5 所示）以及伺服图形 3，4，5 形式的位置反馈信息（如图 6 所示），再现的图像中有串扰。参照图 8，或定位函数 3 - 4 或定位函数 4 - 5 可以分别用于检索数据页 D1 或 D2。由于位置反馈信息传送到音圈电机（VCM）41，VCM 转动反射镜 31 以调节参考角。其结果是，由于再现的数据页有最大的衍射效率和最大强度，所在 SNR 最大，串扰最小。或者，参考光束以 1.00θ 入射角照射晶体，它再现有最大 SNR 和最小串扰的数据页 D2（如图 5 所示）以及伺服图形 1，3，4，5。如图 9 所示，伺服图形 1 和 3 显示相同强度，伺服图形 4 和 5 显示相同强度。

熟悉本专业的人们明白，其他的方法也可以适用于调节参考光束的入射角。例如，可以吊音圈电机或步进电机旋转晶体以调节入

射角。

按照本发明的原理，伺服块也可适用于波长多路复用。这种应用类似于上述角度多路复用。具体地说，一旦最小波长间距确定下来，各个伺服块可以按 $W/2$ 间距记录，而各数据页按 W 间距记录。确定最小波长间距的细节对于本专业人员是熟知的。例如，Hong 等人文章“体全息记录系统：方法和结构”公布的最小频率间距为：

$$[2\pi\Delta\nu/(c/n)](1+\cos\theta_r)$$

其中 ν =光频率， θ_r =参考角， n =晶体折射率。此外，不同的伺服块可以按一种多路复用方法记录，即角度多路复用方法或波长多路复用方法。角度多路复用和波长多路复用两种方法可以分别使用或混合使用。

对于熟悉本专业的人员来说，在不偏离本发明精神的条件下，对上述一个优选实施例显然允许有多种变动和改型，本发明的范围由以下权利要求书具体地指明。此外的描述及公布的内容仅仅用于说明本发明，而不应该认为是限制本发明的范围，本发明的范围由以下权利要求书更具体地指明。

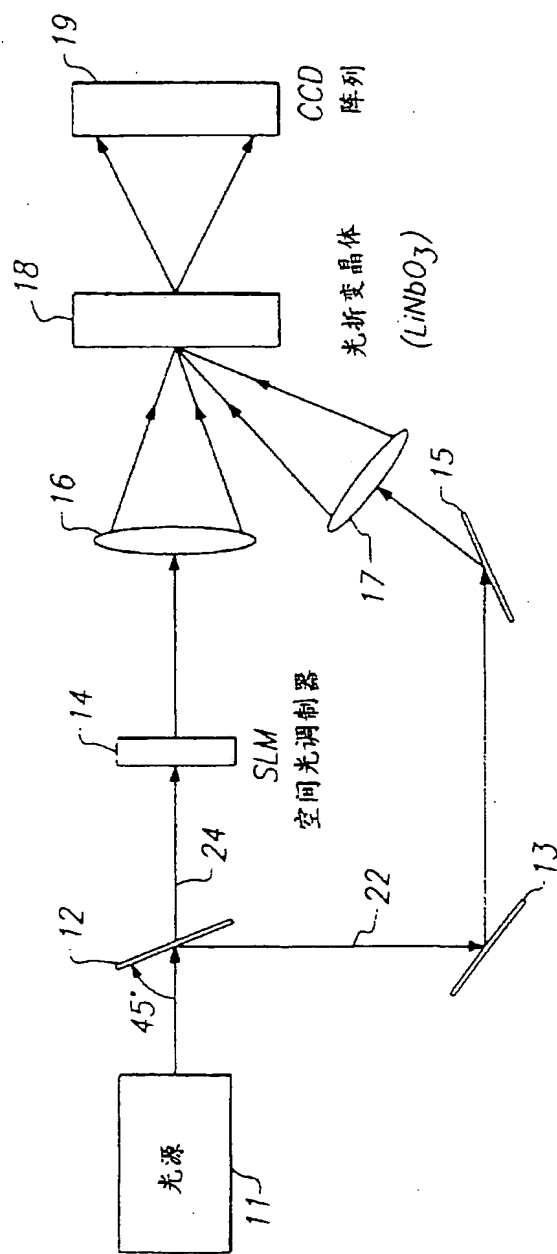


图 1

现有技术

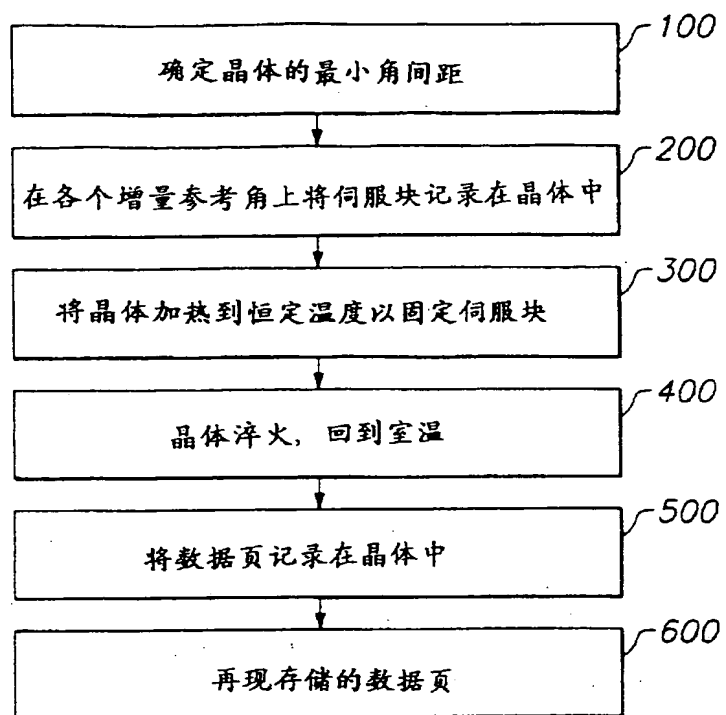


图 2

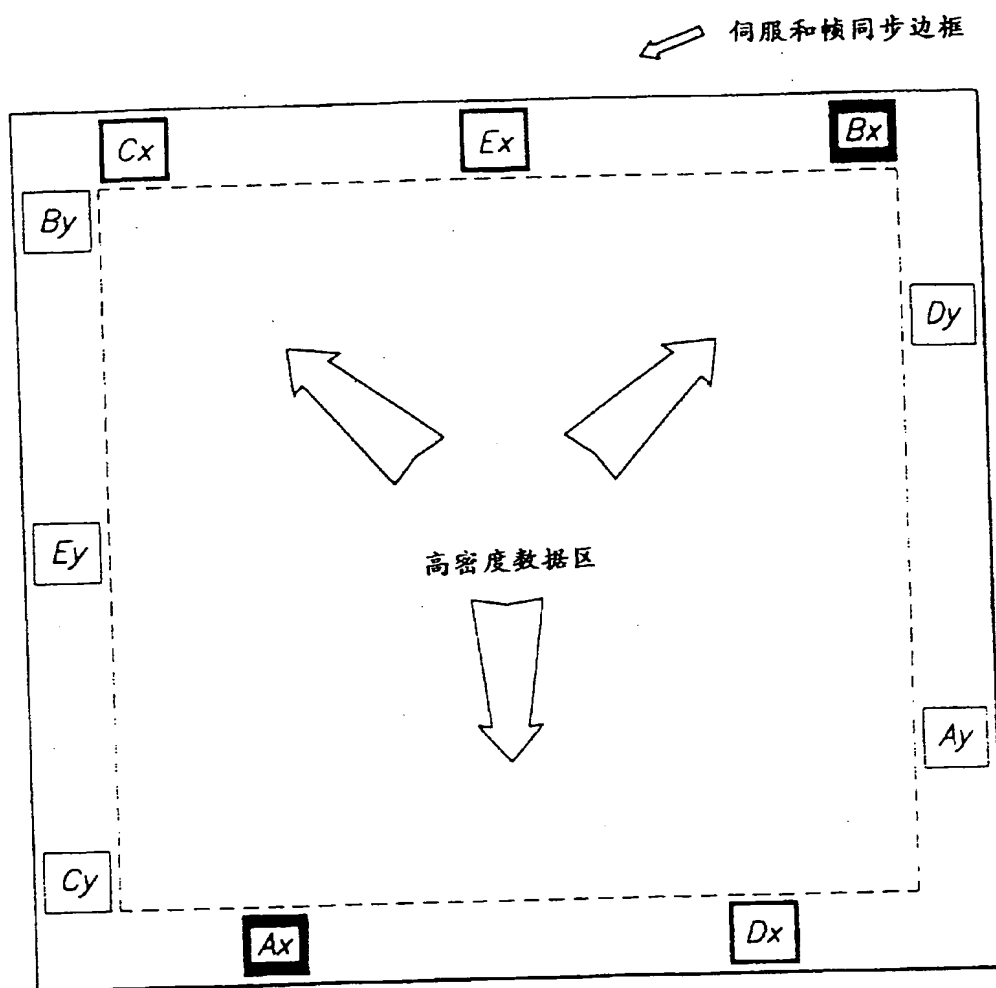


图 3

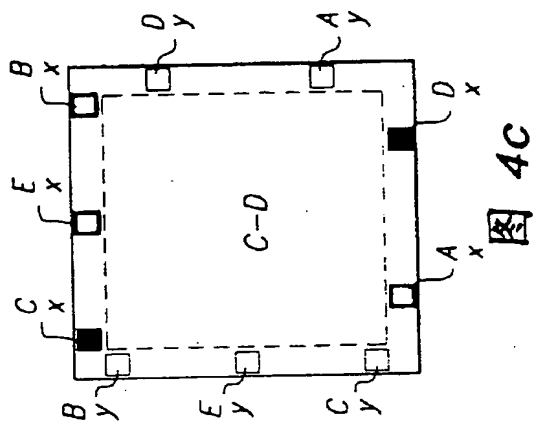


图 4c

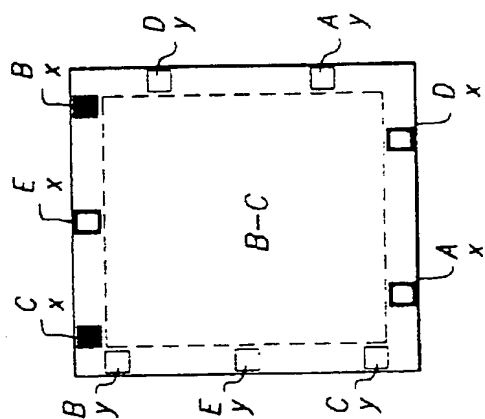


图 4b

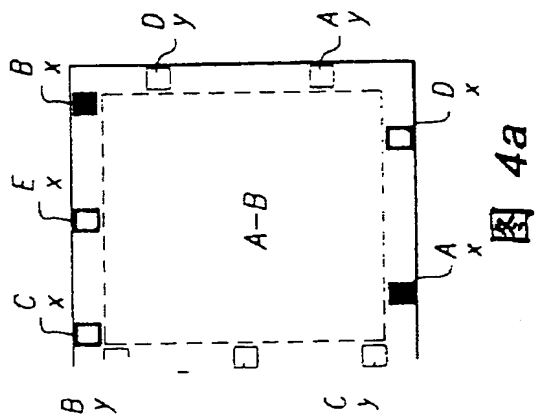


图 4a

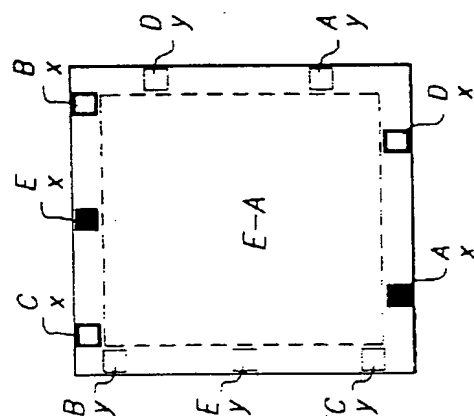


图 4e

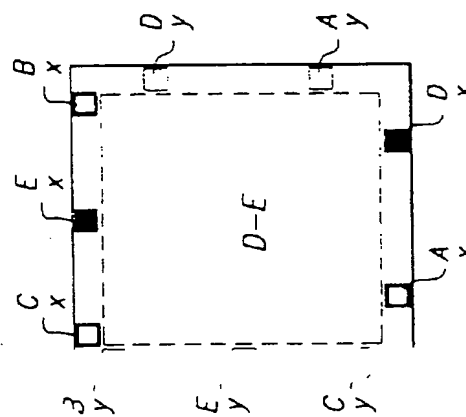


图 4d

数据页图像强度与入射角的函数关系

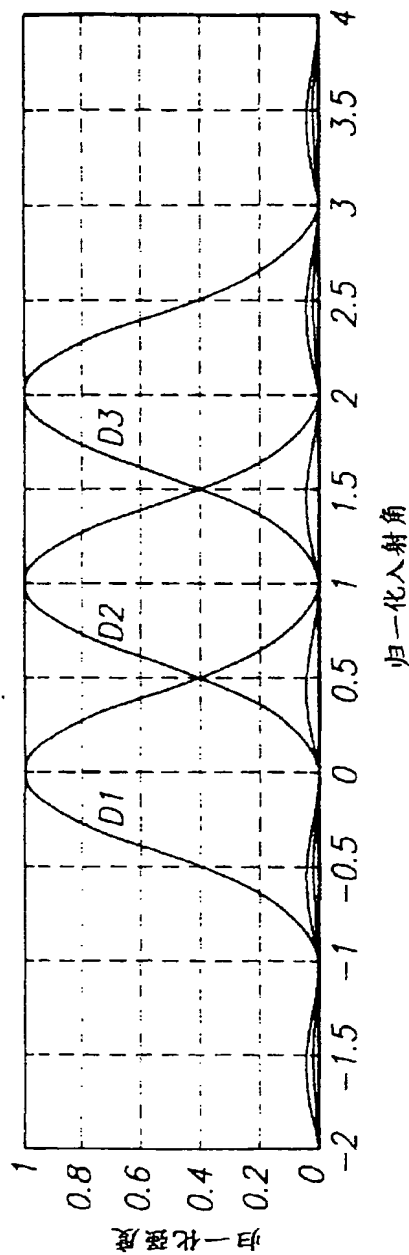


图 5

定位像强度与入射角的函数关系

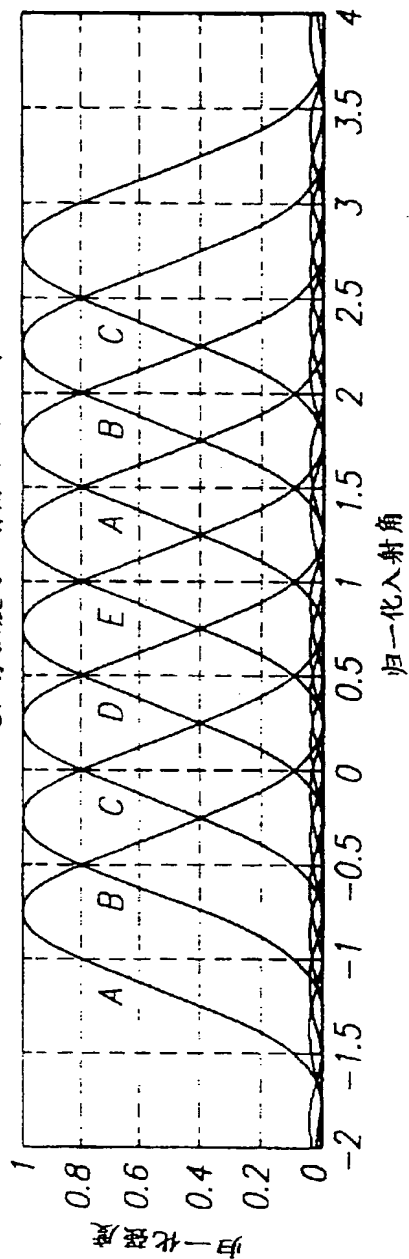


图 6

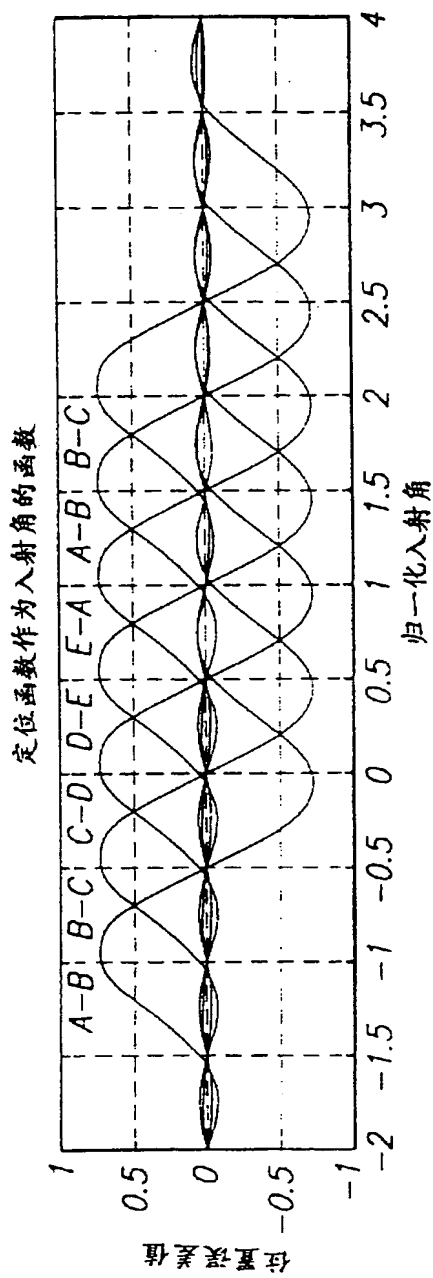


图 7

线性定位函数作为入射角的函数

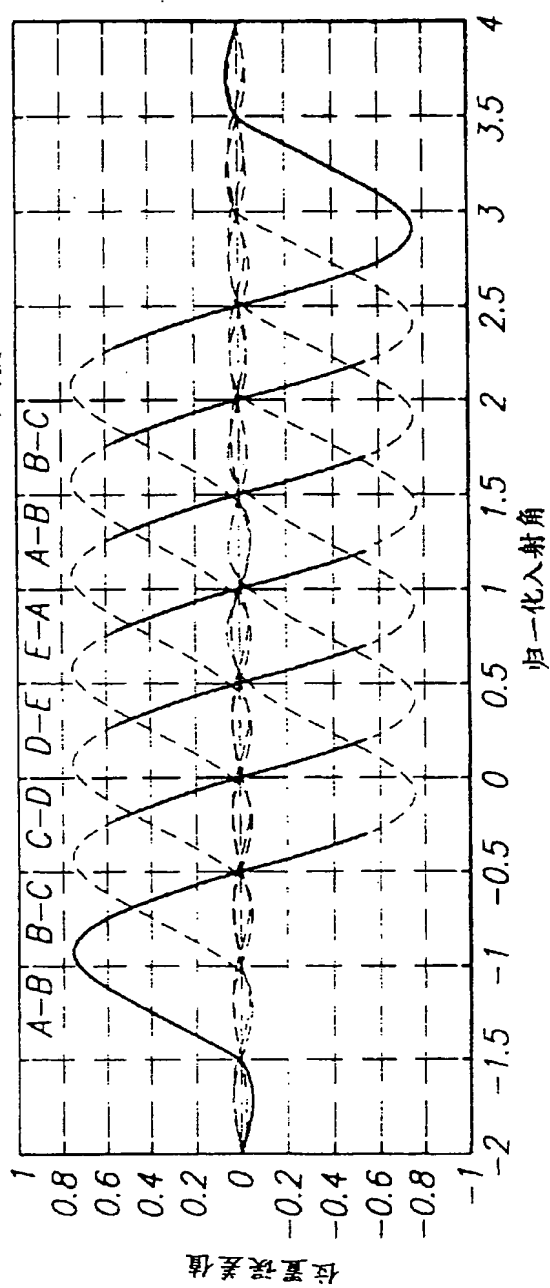


图 8

定位像探测器强度作为入射角的函数

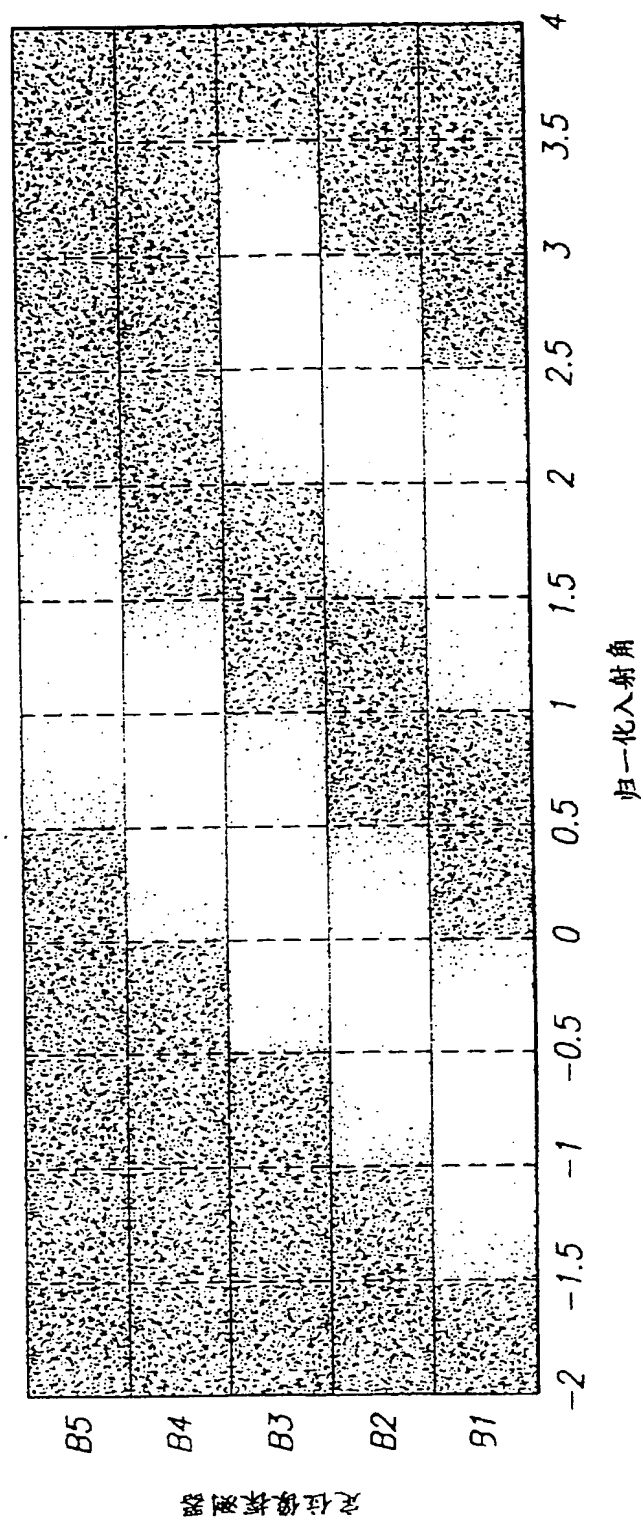


图 9

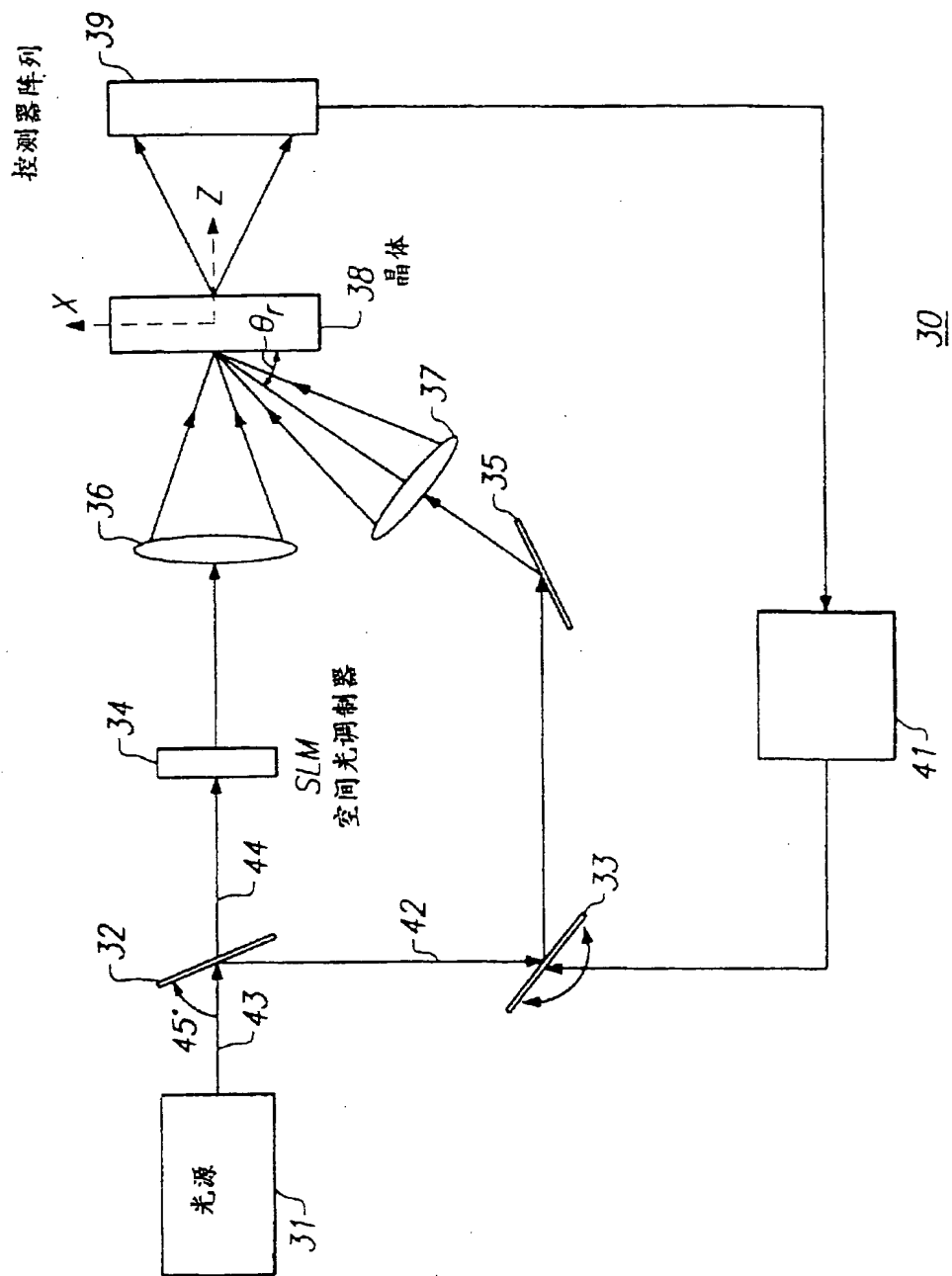


图 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.